

◎ 論 文

해상소각 부선의 부가물 개발을 위한 실험적 연구

이귀주* · 권규혁** · 이광일***

(98년 9월 16일 접수)

An Experimental Study on the Appendage Development of the Incinerating Vessel

Kwi-Joo Lee* · Kyu-Hyok Kwon** · Kwang-Il Lee***

Key Words : Incinerating Vessel(소각선), Skeg(스케그), Yaw Amplitude(편주진폭), Resistance Test(저항시험), Course Keeping(침로 안정성)

Abstract

One of the problem areas in designing a barge is its resistance and course stability when it is towed by a tugboat. In this paper, as a part of design of a incinerating vessel, the results of some experimental studies on the effect of various kinds of anti-yawing skegs to the course keeping stability and on the additional resistance caused by them were summarized.

1. 서 론

인간의 생활과 관련되어 발생된 오존층 파괴, 물 부족, 쓰레기 등 여러 가지 환경문제로 세계는 하나가 되어 이 문제를 해결하려고 노력하고 있다. 특히, 쓰레기는 매립 부지 부족 및 선정에 따른 주민들의 반대로 인하여 점점 더 큰 사회문제로 대두되고 있으며 도서지역에서도 분노, 축산폐수, 생활쓰레기 등이 미처리 상태로 바다에 배출되는 실정이다. 또한, 도서연안에 산재되어 있는 페스티로폴, 폐 플라스틱, 부유물질 등이 재활용품 수거

체계와 오염 수거장치의 미비로 인하여 해양오염에 상당한 영향을 미치고 있다. 이러한 절대적 수요에 부응하여 해상소각선의 건조 및 개발이 절실한 실정이나 국내에서는 이 분야에 대한 지원 및 연구가 미흡한 실정이다.

현재 우리 나라에서 발생하는 생활쓰레기의 양은 95년 기준으로 하루 47,000여 톤이며 이 중 소각처리는 약 4.1% 수준인 1,900여 톤에 지나지 않으며 70%이상이 매립되고 있다. 좁은 국토면적에 매립으로 일관해 온 폐기물정책의 결과로 매립 가능지역이 고갈되어 감과 동시에 님비(NIMBY)현상

* 종신회원, 조선대학교 공과대학 선박해양공학과

** 정회원, 조선대학교 공과대학 화학공학과

*** 정회원, 조선대학교 대학원 선박해양공학과

으로 인하여 매립지 확보는 더욱 어려움을 겪고 있다. 이에 따라 정부에서는 국가 폐기물 처리에 관한 종합계획을 수립하고 감당하기 어려운 폐기물 발생량에 대한 현실적 대처방안으로 소각을 증진을 추진하고 있다. 이러한 상황에서 육상 폐기물의 처리도 최종적으로는 해상에서 그 해결책을 찾아야 할 것이다.

이상적인 해상소각선 선단은 본선과 부선 그리고 예선으로 구성되어야 하며, 본선은 소각, 부선은 폐기물 수집 및 운반 그리고 예선은 본선과 부선을 원하는 지역까지 이동시키는 역할을 담당하게 된다.

본 논문에서는 한번에 많은 양의 폐기물을 운반할 수 있도록 건조되는 부선의 직진성능 및 저항성능과 관련된 스케그 위치 및 각도를 결정하기 위해 수행된 연구의 일부분이다.

2. 모형시험(Model Test)

본 연구는 크기가 다른 2척의 모형선(모형선 번호 : CU-017/018)에 3개의 스케그를 부착하고 회류수조에서 직진성능 및 저항성능 모형시험을 수행하여, 실제 해상소각 부선의 적정 스케그 위치를 결정하는 것이다. 수행한 모형시험 내용은 다음 Table 1과 같다.

Table 1 Summary of model tests

시험 종류	side skag 위치(m)	skag type	skag 각(°)	속도 (kts)	흘수 (m)
직진성능	중앙~7.0m	Straight	0	7~11	4.0
	중앙~10.5m	Straight	0	7~11	4.0
	중앙~13.1m	Straight	0	7~11	4.0
	중앙~13.1m	Flap	0	7~11	4.0
저항성능	중앙~13.1m	Straight	-8~+8	7~11	2.0
	중앙~13.1m	Straight	-8~+8	7~11	4.0
	중앙~13.1m	Flap	-	7~11	2.0
	중앙~13.1m	Flap	-	7~11	4.0

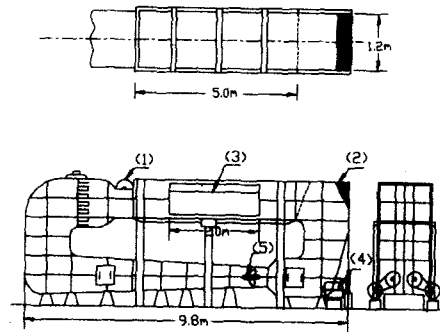
註) skag 각 (+) : 선체 중앙을 기준으로 안쪽
 (-) : 선체 중앙을 기준으로 바깥쪽

2.1 모형시험수조(Model Test Facility)

모형시험은 조선대학교 회류수조를 이용하였으

며, 수조의 주요특성 및 개략적인 형상은 Fig.1과 같다.

Type : 2 impellers, vertical type
 L×B×D(whole body) : 14.8m×1.8m×3.7m
 L×B×D(measuring body) : 5.0m×1.2m×0.9m
 Velocity range : 0.4~1.8m/sec
 Velocity distribution : within±1.5% at 1.0m/sec



- (1) Surface Flow Accelerator (2) Wave Maker
- (3) Measuring Section (4) Motor A.C. 22kw
- (5) Impeller

Fig. 1 Characteristics of CWC

2.2 모형선(Model Ship)

길이 86미터급 해상소각 부선의 모형선(모형선 번호 : CU-017/018)과 부가물을 마디카 목재를 이용하여 축척비 1/100, 1/70로 각각 제작하였다.

축척비 1/100 모형선(CU-017)은 대상 선형의 직진성능과 스케그의 횡 방향 부착위치와의 상관관계를 조사하기 위해 제작되었고, 축척비 1/70 모형선(CU-018)은 스케그 부착 각도와 저항성능과의 관계를 조사하기 위해 제작되었다.

실선과 모형선의 주요제원은 Table 2와 같으며 부가물의 형상은 Fig. 2와 같다.

Table 2 Geometric characteristics of ship and models at 4.0m draft

Particulars	SHIP	MODEL	
		CU-017	CU-018
λ	1	100	70
L _{PP} (m)	85.0	0.850	1.220
B (m)	28.0	0.280	0.400
T (m)	4.0	0.040	0.057
∇ (m ³)	8879.04	0.0089	0.0259
S (m ²)	2908.0	0.2908	0.5935
C _B	0.922	0.922	0.922
L _{CB} (m)	-1.523	-0.015	-0.022

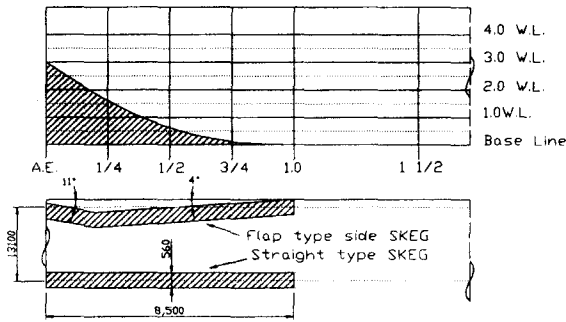


Fig. 2 Characteristics of SKEG

2.3 나선상태 저항시험(Resistance Test for Bare Hull)

나선상태의 저항시험은 흘수 2.0m와 4.0m에서 수행하였으며, 그 결과를 Table 3에 비교하였고, 식 (1)에 의해 계산한 잉여저항계수를 Fig. 3에 도시하였다.

$$C_R = C_{TM} - C_{FM} \quad (1)$$

여기서,

C_{FM}은 ITTC-57 Line에 의한 마찰저항계수로서 식 (2)와 같다.

$$C_{FM} = \frac{0.075}{(\log Rn_M - 2)^2} \quad (2)$$

또한, 식 (2)의 Rn_M은 모형선의 레이놀드수로서 식 (3)과 같다.

$$Rn_M = \frac{V_M L_M}{\nu_M} \quad (3)$$

유효마력은 식 (4)와 같은 방법으로 구하였으며, 그 결과를 Table 3에 정리하였다.

$$EHP(kw) = C_{TS} \times \frac{1}{2} \rho_s S_s V_s^3 \quad (4)$$

Table 3 Comparison of EHP(kw)

속도 (노트)	흘수=2.0m	흘수=4.0m
7	318	720
8	530	1121
9	793	1654
10	1129	2373
11	1645	3387

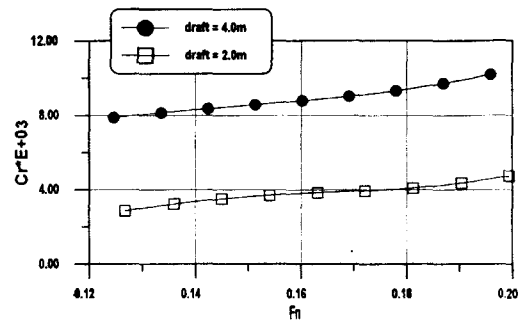


Fig. 3 Comparison of C_R

2.4 직진성능시험(Course Keeping Test)

초기 설계단계에서 과도한 편주(Yaw)운동을 막기에 충분한 지식이 없기 때문에 효과적이고 경제적인 스케그 또는 그와 유사한 부가물들을 설계하기란 쉬운 일이 아니다. 대부분의 경우 바지선의 모형시험은 안정된 침로를 유지하기 위한 효율이 좋은 부가물을 예측하기 위해 수행되어진다.

이로부터 스케그의 크기를 지나치게 확대하거나 부착각도를 키우면 직진성능은 향상되나 스케그로 인한 저항이 증가하게 되므로 적절한 범위내의 스케그 크기와 부착각도 결정이 중요하게 된다. 일반적으로 편주진폭이 바지선 반쪽 범위내에 있으면 운항상 무리가 없고, 파도나 조류 등의 외력에 의해 측력이 작용되었을 때 1~2 주기 내로 본 위치의 항로를 유지할 수 있으면 안정된 것이라 할 수 있다.

침로 안정성을 평가하는데 두 가지의 단순화된 경험적인 기준, 즉 동요의 폭(Y_B ; 편주진폭)은 바지선 반폭의 범위 내 이어야한다는 것과 바지선이 평균 궤도선으로부터 측면 방향으로 강제적인 힘이 가해졌을 때 두 주기 내에 첫 번째 기준으로 정한 안정 범위에 있어야 하는 회복주기의 두 기준을 가지고 평가할 수 있다.

직진성능이 양호한 측면 스케그의 부착위치를 결정하기 위하여 중앙으로부터 7.0m, 10.5m, 13.1m의 3점으로 이동시키며 직진성능시험을 수행한 결과를 다음 Table 4에 요약하였다.

Table 4 Results of yawing test at CWC

Side 스케그 위치	최대 Yaw Amp.(Y_B)
중앙으로부터 7.0m (Straight형)	$Y_B > B/2$
중앙으로부터 10.5m (Straight형)	$Y_B > B/2$
중앙으로부터 13.1m (Straight형)	$Y_B \approx B/2$
중앙으로부터 13.1m (Flap형)	$Y_B \approx B/3$

이 실험 결과에 의하면 직선형(straight type)은 최대 편주진폭(Yaw Amplitude)이 충분히 안정되어야 할 조건인 $Y_B < B/2$ 가 되는 것은 없고, 적절히 만족된 조건인 $Y_B \approx B/2$ (중앙으로부터 13.1m에 부착시)가 부착 가능한 위치 중에서 가장 안정된 상태에 해당되므로 이 위치에 스케그를 부착하는 것으로 결정하였다. 이 결과를 Fig. 4에 도시하였다. 또한, 직진성능을 향상시키기 위하여 Flap형 스케그를 부착하여 직진성능을 수행한 결과 $Y_B \approx B/3$ 인 충분히 안정된 범위에 속한 것으로 나타났다.

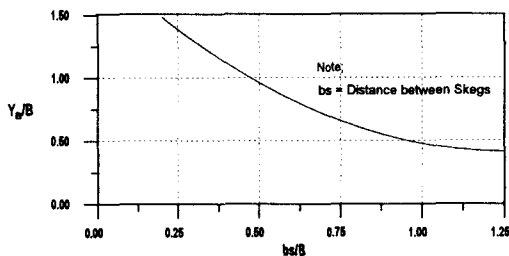


Fig. 4 Yaw amplitude vs distance of skegs

2.5 스케그 부착각도 결정을 위한 저항시험(Resistance Test for Skeg Angle Determination)

저항이 가장 작은 스케그 부착 각도 결정을 위하여 9가지 각도 변화를 주어 실선속도 8.0, 9.0노트에서 저항시험을 수행하였으며, 그 결과 부가물에 의한 저항 증가율은 다음 Table 5 및 Fig. 5와 같다.

Table 5 Comparison of resistance test results

(unit :%)

속도	8.0 knots		9.0 knots		
홀수	2.0m	4.0m	2.0m	4.0m	
* 부 착 각 도 ($^{\circ}$)	-8	0	-1.0	0	0
	-6	5.1	1.0	3.9	1.5
	-4	-3.4	-5.8	-2.6	-5.2
	-2	1.7	1.0	1.3	2.2
	0	-3.4	-2.9	-3.9	-0.7
	+2	5.1	-1.9	5.3	-0.7
	+4	0	-4.8	0	-6.0
	+6	6.8	-1.0	7.9	1.5
	+8	5.1	1.0	6.6	2.2
	Flap	0	0	0	0

註) skeg 각 (+) : 선체 중앙을 기준으로 안쪽
(-) : 선체 중앙을 기준으로 바깥쪽

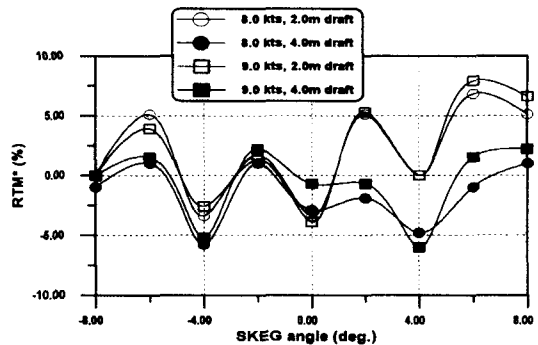


Fig. 5 Variation of resistance for various skeg angle

이상의 자료를 동일 배수량에서 참고문헌 [4]의 선박형 선수를 갖는 바지선의 스케그 부착각도 자료(모형선 번호 : CU-001)와 비교해 보면 Fig.6과 같다. Fig.6에서 RR은 식 (5)와 같다.

$$RR = \frac{R_{TM}(Skeg)}{R_{TM}(Bare)} \times 100 \quad (5)$$

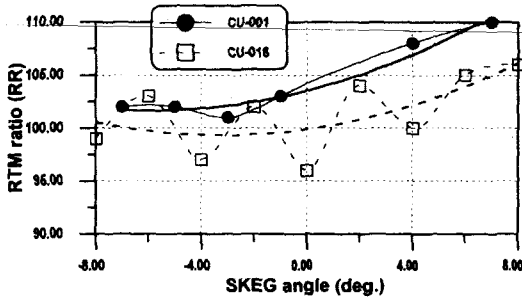


Fig. 6 Skeg angles vs R_{TM} ratio at $Fn=0.2$

Fig. 6에 보인 바와 같이 선형에 따라 각도 변화에 따른 저항의 변화는 그 차이가 크나, 평균값의 경향은 매우 유사한 것으로 나타났다.

3. 결 론

길이 86미터급 해상 소각 부선의 스키프 부착위치 결정을 위한 모형시험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 저항성능 측면에서 측면 스키프의 부착각도는 -4° 가 가장 적합하다. 나선상태에 비하여 저항값이 4.0m 흘수에서 8노트시 5.8%, 9노트시 5.2% 감소하였고, 2.0m 흘수에서 8노트시 3.4%, 9노트시 2.6% 감소하였다.
- 2) 연구대상 소각부선의 경우 측면 스키프를 부착할 수 있는 공간이 제한되어서 스키프의 크기가 제한을 받게 되므로 직진성능을 충분히 만족시키려면 스키프 사이의 거리를 최대한 넓히거나 flap형 스키프를 선택하는 것이 바람직할 것이다. Flap 형 스키프를 부착하였을 경우 저항은

나선상태에 비하여 두 흘수 (4.0m, 2.0m)에서 변화가 없었다.

- 3) 직선형 스키프를 부착하였을 경우 길이방향 중심위치(L_{CG})를 현재보다 약간 뒤쪽으로 이동시켜 0.3m 이상의 트림을 발생시킨다면 측면적의 중심을 후방으로 이동시키는 효과를 얻게되어 충분히 안정된 직진 성능을 갖출 수 있다. (선수부의 side force는 감소되고 선미부의 side force가 증가됨)

후 기

본 논문은 '98년도 한국과학재단 지정 조선대학교 수송기계부품 공장자동화 연구센터의 연구과제와 관련되어 수행한 연구 내용의 일부임.

참고문헌

- 1) Latorre Robert and Ashcroft Frederick, "Recent Developments in barge Design, Towing & Pushing" Marine Technology, Vol 18, No. 1, Jan. 1981
- 2) Inoue, S. et al, "On the Course Stability of Barge", Trans. West Japan Society of Naval Architects, No. 54, Aug. 1977
- 3) 이귀주, 최영민, "거북선 형상의 해상소각선 실용화 가능성에 대한 연구", 한국해양공학회지, 제 11권 3호, 1997. 8
- 4) 이귀주, 이진철, "도서순회 해상소각 바지선의 적정 스키프 형상 및 크기에 관한 연구" 한국해양공학회지, 제11권 3호, 1997. 8
- 5) Lee Kwi-joo, Joa Soon-won, "850 Car Carrying coastwise Barge Design", International CWC Symposium Proceeding, Nov. 1986